

naissances actuelles) soit d'une limpidité parfaite, et surtout que ce système soit absolument démontré dans tous ses détails; il maintient seulement que ce système (basé en partie sur l'observation de faits connus, et en partie sur des inductions discutables) est, et de beaucoup, plus conforme aux lois de la nature (et présente bien moins d'obscurité) que le système de ses contradicteurs, obligés d'admettre, pour les créations successives d'espèces végétales et animales (à chacune des époques géologiques qui se sont succédé), une série de prodiges en contradiction avec les lois connues de la nature dans l'évolution des êtres organisés.

SÉANCE DU 23 AVRIL 1869.

PRÉSIDENTE DE M. LASÈGUE.

M. Larcher, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance du 9 avril, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance. M. le Président proclame l'admission de :

MM. SPÉNEUX, pharmacien, à Napoléon-Saint-Leu (Seine-et-Oise),
présenté par MM. Chatin et de Schoenefeld ;

PELLAT, sous-préfet de l'arrondissement de Gannat (Allier),
présenté par MM. Lasègue et Lecoq ;

BLANCHE (Emmanuel), directeur du jardin botanique de
Rouen, présenté par MM. Brongniart et Clos.

M. Duchartre, de la part de M. Robert, offre à la Société un exemplaire de *l'Histoire des plantes de Morison*. Il donne ensuite lecture d'une lettre par laquelle M. Carl Koch, de Berlin, offre le premier volume de sa *Dendrologie d'Europe*.

M. Prillieux fait à la Société la communication suivante :

EFFET DE LA GELÉE SUR LES PLANTES. -- FORMATION DE GLAÇONS DANS LES TISSUS
DES PLANTES, par **M. Éd. PRILLIEUX** (1).

Il peut se former de la glace dans l'intérieur des plantes. La dureté des organes gelés qui deviennent rigides et friables et craquent quand on cherche à les plier, peut être déjà considérée comme une preuve suffisante de la for-

(1) Cette communication forme le complément de celle que M. Prillieux a faite à la séance du 12 mars (voyez plus haut, p. 91).

mation de glace dans les tissus : M. Nægeli en a fourni encore une autre démonstration qui est tout à fait convaincante (*Botanische Mittheilungen aus den Sitzungsberichten der K. Bayer. Akad. der Wissenschaften zu Muenchen*, 9 Febr. 1861). Quand on met de l'eau à 0° et une égale quantité de glace de même température dans une pièce chaude, la première s'échauffe beaucoup plus vite que l'autre, parce que la glace, pour fondre, absorbe une grande quantité de chaleur latente. Or de même, dans une pièce chaude, les pommes-de-terre non gelées prennent bien plus tôt la température environnante que celles qui sont gelées, ce qui ne peut s'expliquer que par ce fait que leur eau était véritablement changée en glace.

Ainsi, l'on doit considérer comme démontré que les sucres des plantes peuvent se congeler au moins en partie ; mais on peut se demander encore quelle forme prend la glace qui se produit dans les plantes, dans quelles parties elle se montre ; si les substances diverses contenues dans les tissus se congèlent toutes ou s'il y en a qui ne se solidifient pas. Toutes ces questions doivent être résolues par l'observation directe, mais l'observation directe est difficile souvent et ne peut être faite que dans des conditions assez rares dans notre pays, c'est-à-dire par un froid d'au moins -3° à -4° dans le jour. La douceur exceptionnelle du dernier hiver ne m'a pas permis d'étudier ces questions comme je le désirais, néanmoins, j'ai pu constater un fait qui m'a paru particulièrement intéressant, c'est celui de la formation de glaçons, non pas dans les cellules, mais hors d'elles, dans les intervalles qui les séparent les unes des autres. Or je ne crois pas me tromper en disant qu'aujourd'hui c'est une croyance générale que la glace se forme à l'intérieur des cellules. On a bien démontré que les parois des cellules ne sont pas déchirées par la dilatation de la glace que l'on suppose se former dans leur intérieur, mais sans contester pour cela la formation elle-même de petits glaçons dans la cavité de chaque cellule. Cela est si vrai que M. Nægeli a établi que la paroi des cellules ne devait être ni fendue ni rompue, parce qu'elle est assez dilatable pour céder sans lésion à l'augmentation de volume que prendrait son contenu en se solidifiant.

On admet donc que la glace se forme dans les cellules ; néanmoins je ne crois pas que le fait même ait jamais été directement observé.

Dans les journées de la fin du mois de janvier de cette année, où la température s'est maintenue constamment entre -3° et -5° C., j'ai été frappé de l'aspect des feuilles de plusieurs pieds d'*Iris germanica* qui poussent dans mon jardin. Elles étaient marquées sur les deux faces de taches blanchâtres allongées, alternant avec des bandes irrégulièrement limitées, d'un vert foncé, qui bordaient les nervures. En cherchant à enlever l'épiderme de ces feuilles, ce qui est facile comme on sait sur les *Iris*, je mis à nu de grands glaçons, des plaques allongées de glace qui s'étendaient parallèlement à la surface de la feuille dans l'intervalle des nervures.

Si l'on a soin de laisser exposés au froid durant quelque temps un rasoir bien

tranchant, des lames de verre et un microscope, on peut aisément faire des coupes transversales des feuilles gelées, puis les observer dehors par un froid de -3° à -4° C. en les plaçant sur une lame de verre refroidie. On voit alors bien nettement qu'il y a au-dessous de l'épiderme des deux faces de grandes lacunes remplies de dépôts de glace assez volumineux pour faire bomber très-fortement au dehors l'épiderme qui les couvre. Ces saillies de la surface de la feuille au-dessus des plaques de glace se distinguent sans peine à la vue simple, d'une manière très-frappante. Les lacunes remplies de glace s'étendent d'une nervure à l'autre et sont séparées de l'épiderme par une seule rangée de cellules qui contiennent de la chlorophylle et qui semblent (comme toutes les autres cellules de la feuille, du reste) n'être ni gelées ni altérées. Les taches blanchâtres apparaissent d'abord isolées en général vers le milieu de l'intervalle des nervures, puis elles gagnent peu à peu à droite et à gauche. Quand la gelée est persistante, les parties vertes qui avoisinent les nervures diminuent de plus en plus et les deux faces deviennent plus uniformément blanchâtres; la couche de glace gagne et tend à envelopper la feuille tout entière. Hors de ces glaçons formant près de la surface une couche épaisse plus ou moins complète, le reste de la feuille ne paraît pas contenir de glace; ni les parois, ni le contenu des cellules ne semblent gelés.

La constatation directe et certaine de plaques de glace dans l'intérieur de la feuille, mais hors des cellules, m'a paru un fait intéressant; reste à savoir s'il est un cas particulier se rapportant à un phénomène général. Malheureusement le temps m'a manqué pour continuer ces recherches, le froid n'a duré que quelques jours. Néanmoins, j'ai pu m'assurer que la formation à l'intérieur des tissus de glaçons trop volumineux pour pouvoir être contenus dans les cellules, a déjà été observée dans des plantes très-diverses par un excellent observateur, Aubert Du Petit-Thouars, et mentionnée par lui dès 1817 dans un mémoire trop peu connu *Sur les effets de la gelée sur les plantes* (ce mémoire est un fragment du *Vergier français*, in-8°, Paris, 1817). Il reconnut l'existence d'aiguilles de glace considérables dans le parenchyme de l'écorce des tiges de Daphné d'abord, puis dans celles de la Vigue, des Sureaux, des Sophoras (*loc. cit.* p. 18). Dans l'*Hydrangea arborea*, la glace formait même une couche continue autour du parenchyme cortical (*loc. cit.* p. 19). Il observa encore un cylindre continu de glace entre l'écorce et le corps ligneux dans le *Staphylea* (*loc. cit.* p. 29), et constata des phénomènes analogues dans divers arbres, tels que le *Chamaecerasus*, les Érables à feuilles de Frêne et dans diverses plantes vivaces, les Ellébores, les Pivoines, la Fraxinelle. Dans le *Tradescantia*, les glaçons occupaient l'intérieur même du parenchyme, dans les Cucurbitacées, le vide qui se trouve au centre (*loc. cit.* p. 41). Ces formations de glace dans les tiges peuvent atteindre des proportions considérables. Des branches de Bourrache, d'une rigidité remarquable, contenaient des cristaux de glace, soit sous leur écorce, soit dans le vide du canal médullaire, en telle

abondance que Du Petit-Thouars dit en avoir en peu de temps rempli une assiette. Cette glace mit plus de trois heures à fondre dans une chambre chauffée et produisit tout un verre d'eau un peu trouble (*loc. cit.* p. 47).

Il est probable que beaucoup de faits analogues ont été vus sans être publiés ; ainsi, M. Ch. Martins nous disait il y a quelques jours qu'il avait observé maintes fois à Montpellier, sur les feuilles d'Agavé, des couches de glace au-dessous de l'épiderme.

Enfin, dans le *Traité général de Botanique* qu'a récemment publié M. Sachs, se trouve encore mentionné un fait tout à fait analogue observé par lui sur un gros pétiole de feuille d'Artichaut où les faisceaux fibro-vasculaires entourés de parenchyme étaient séparés les uns des autres par de nombreux glaçons (J. Sachs, *Lehrbuch der Botanik*, 1868). La quantité de glace formée ainsi hors des cellules était assez considérable pour que d'un pétiole pesant 396 grammes, M. Sachs ait pu retirer 99 grammes de glace, c'est-à-dire exactement le quart du poids total.

En dehors de ces faits, qui sont probablement fréquents, bien qu'ils aient été peu remarqués, il y en a d'autres analogues qui sont rares, mais qui ont frappé les observateurs par leur singularité. Là, les glaçons au lieu de n'atteindre que de faibles proportions, comme dans les feuilles d'Iris, et de produire seulement une légère saillie de la surface en faisant bomber l'épiderme qui les recouvre, prennent au contraire un très-grand développement, déchirent les tissus situés au-dessus d'eux et s'étendent librement au dehors. C'est ainsi qu'on a vu maintes fois, à l'apparition des premiers froids, à l'automne, les tiges des plantes se couvrir de lames de glace très-volumineuses qui sortaient de l'intérieur à travers des déchirures de l'écorce.

Plusieurs observateurs ont étudié et décrit ce curieux phénomène.

En Angleterre, l'astronome sir John Herschell (*Notice of a remarkable deposition of ice round the decaying stems of vegetables during frost* by sir John F.-W. Herschell, in : *Lond.-Edinb.-Dublin philosophical Mag. and Journ. of sciences*, 1833, p. 410-411) observa d'abord sur des tiges de Chardon à demi mortes, puis sur des pieds d'Héliotrope, qui avaient été abandonnés aux hasards de la saison, des masses volumineuses et friables de glace qui couvraient la partie inférieure des souches et avaient l'aspect de rubans ondulés. Il remarqua que ces lames de glace étaient de nature fibreuse et que la direction des fibres de glace qui les composaient était perpendiculaire à la tige, c'est-à-dire horizontale. Elles semblaient sortir au travers des crevasses de la tige ; on eût pu croire, dit-il, qu'elles avaient été repoussées à l'état à demi liquide de l'intérieur de la tige ; mais en y regardant avec soin, on voyait qu'elles s'arrêtaient brusquement à la surface du bois, à laquelle elles n'adhéraient même que faiblement ; elles n'avaient aucune connexion avec une autre masse intérieure de glace ; elles se produisaient entre le bois et l'écorce, déchiraient et détachaient cette dernière en se développant. Herschell a joint, à la description

de ce singulier phénomène, de jolies figures finement gravées qui en donnent une idée très-nette. En France, F. Dunal observa en février 1848 (*Des effets de la gelée sur les plantes*, par Félix Dunal, in *Mémoires de l'Académie de Montpellier (section des sciences)*, tome I, p. 153 et suiv., 1848.), des lames de glace offrant une disposition tout à fait pareille sur deux Labiées vivant dans le Jardin-des-plantes de Montpellier, le *Salvia pulchella* DC. du Mexique et le *Plectranthus rugosus* Wall. de l'Inde occidentale. Vers la partie supérieure des tiges de *Plectranthus rugosus* et dans une étendue d'environ 2 pouces, on voyait sortir de l'aubier, entre les divisions de l'écorce qui s'était fendue en quatre lanières, quatre lames de glace minces et striées qui paraissaient naître des quatre angles de la tige et qui étaient recourbées à leurs bords extérieurs, de sorte que de loin ces lames paraissaient chargées de coques soyeuses de quelque insecte. Sur les tiges de *Salvia pulchella*, les lames de glace striées étaient beaucoup plus nombreuses, mais sortaient de même de la tige à travers l'écorce déchirée en lanières et offraient la même disposition et la même structure. Dunal joint à son mémoire des figures qui représentent très-clairement l'aspect général de ces formations. Selon l'affirmation du jardinier en chef rapportée par Dunal, ces mêmes phénomènes se reproduisent tous les ans à Montpellier sur les mêmes espèces.

En effet, M. Ch. Martins nous disait, il y a peu de jours, avoir vu, lui aussi et maintes fois dans ce même Jardin-des-plantes de Montpellier, de semblables lames de glace sur les tiges de diverses plantes.

En Amérique, des formations de glace tout à fait semblables avaient déjà été signalées antérieurement dans la Caroline et la Géorgie par St. Elliot (*Sketch of Botany of South Carolina and Georgia*, Charleston, 1824, II, 322) sur une plante qui y croît spontanément dans les endroits marécageux, le *Pluchea bifrons* DC. (*Conyza* L.); et J. Torrey (*A Flora of the State of New-York*, I, 77) avait signalé l'*Helianthemum canadense* comme offrant de semblables productions de glace; mais c'est à John Le Conte, professeur de physique et de chimie à l'université de Géorgie, dans les États-Unis, que l'on doit une étude attentive et complète des phénomènes qu'il a observés en novembre et décembre 1848, en Géorgie, sur le *Pluchea bifrons* et le *Pluchea camphorata* (John Le Conte, *Observations on a remarkable exudation of ice from the stems of vegetables, etc., during frosty weather*, in *Lond.-Edinb.-Dubl. Philosoph. Magazine and Journal of Sciences*, mai 1850, pp. 329-342). Les lames de glace que portaient ces tiges dépassaient parfois une longueur de 5 pouces; du reste, le point de la tige d'où elles sortent, leur peu d'adhérence au bois, leur nature fibreuse, et en général toutes les particularités décrites et figurées par Herschell, ont été observées par lui sur ces autres exemples.

En Allemagne, M. Caspary fit encore sur ce sujet de nouvelles observations qui portèrent sur un plus grand nombre de plantes (Rob. Caspary, *Auffallende Eisbildung auf Pflanzen*; in *Bot. Zeitg*, 1854, pp. 665 et suiv.). A l'appa-

rition des premiers froids, les tiges de divers végétaux exotiques cultivés en pleine terre dans le Jardin de Schœneberg près Berlin, et encore en pleine végétation, se montrèrent couvertes le matin de glaçons, qui tantôt formaient une couche compacte de 1 1/2 à 4 millimètres d'épaisseur, composée de fibres de glace serrées les unes contre les autres, que l'on voyait seulement à travers les crevasses de l'écorce (dans le *Lantana aculeata* et le *Tagetes bonariensis* par exemple); tantôt se présentaient sous l'aspect de lames verticales, longues souvent de plus d'un décimètre, larges de plus d'un centimètre et de l'épaisseur d'un fort papier. Sur des tiges de 50 à 60 millimètres, on voyait souvent une trentaine de ces lames rayonner de la surface du corps ligneux, en emportant des lambeaux de l'écorce et du cambium détachés et fendus. Ces lames de glace sont striées et frangées sur le bord et peuvent être encore regardées comme formées par l'union de fibres de glace perpendiculaires à la surface du bois. Au nombre des plantes présentant ces lames de glace, M. Caspary cite plusieurs *Cuphea*, l'*Heliotropium peruvianum*, où elles avaient déjà été observées par Herschell, le *Calceolaria perfoliata*, etc. Toutes ces plantes avaient été saisies par le froid dans toute l'activité de leur végétation, tandis qu'elles portaient non-seulement des feuilles mais même des fleurs. Les glaçons en masse ou en lames ne se montrèrent jamais qu'une fois sur la même plante, et pas une ne survécut.

L'examen anatomique des tissus gelés montra à M. Caspary que l'altération portait sur le parenchyme qui avoisinait le corps ligneux; les cellules y étaient molles et flasques comme celles d'un tissu cuit; mais il n'a pas été possible de reconnaître si la séparation de l'écorce et du bois ou celle de la moelle et du bois avait été produite par le déchirement et la destruction des cellules, ou si les cellules étaient seulement dissociées et séparées les unes des autres.

Un autre fait, fort curieux, et qui est analogue aux précédents en ce qu'il fournit comme eux, encore, un exemple de formation de glaçons dans les tissus des plantes, en dehors des cellules, a été observé par M. H. de Mohl.

Se trouvant à la campagne, à l'automne, à l'époque de la chute des feuilles, il fut frappé de voir, un matin, à la première gelée, des arbres encore couverts de feuilles la veille, s'en dépouiller tout à coup. Les feuilles couvraient déjà la terre peu après l'heure du lever du soleil et tombaient incessamment sans le moindre souffle de vent. En cherchant à se rendre compte de ce phénomène, il constata que le froid avait été assez fort pour produire des glaçons à la surface des cicatrices des feuilles. Cela était surtout frappant sur des *Paulownia*, où chaque cicatrice fraîche de feuille était couverte d'une croûte de glace d'au moins une demi-ligne d'épaisseur que l'on pouvait enlever en un glaçon à l'aide d'une aiguille. Cette glace avait pris naissance non pas sur la cicatrice, après la chute de la feuille, mais bien à l'intérieur du tissu; en effet, dans les feuilles qui tenaient encore à la branche, on voyait la lame de glace dans la couche de séparation de la feuille, et par conséquent, à l'intérieur du tissu comme dans les cas rapportés ci-dessus.

A peine Herschell eut-il découvert la formation des lames de glace sur les tiges de Chardon et d'Héliotrope, qu'on signala la production de pareils phénomènes hors des végétaux. Le professeur Rigaud, d'Oxford (*Lond.-Edinb.-Dubl. Philosoph. Mag. and Journ. of Sciences*, 1833, p. 190), annonça qu'il avait observé des lames de glace semblables sur un mur de pierres nouvellement construit.

Le Conte fut de même frappé de l'analogie qu'il y a entre les productions de glace qui se forment dans les plantes et celles qui se montrent dans certaines conditions à la surface du sol.

Il vit plusieurs fois, durant les hivers de 1848 à 1849 et de 1849 à 1850, après une pluie chaude suivie d'un temps de gelée, par des nuits froides et dans des conditions favorables à la radiation, la terre se couvrir de nombreuses fibres de glace formant par leur agglomération des colonnes qui se levaient à angle droit de la surface du sol. Parfois ces fibres de glace étaient séparables, d'autre fois elles étaient intimement soudées entre elles. Elles semblaient, dit Le Conte, avoir été exprimées à l'état semi-fluide d'innombrables pores capillaires du sol.

M. Caspary vit une fois, dans l'hiver de 1852-1853, sur le bord d'un fossé, de semblables masses fibro-compactes de glace, mais il n'en put pas faire une étude suffisante et n'en rencontra plus depuis. Dans son opinion, toutefois, il n'y aurait pas de rapprochement à faire entre ces productions de glace et celles qui se montrent sur les tiges des plantes.

M. de Mohl a rapporté aussi un fait analogue qu'il a observé très-attentivement dans la Forêt-Noire, mais il en a jugé autrement. Le phénomène se produisait toujours dans les conditions déjà observées par Le Conte. Après une pluie, le temps s'était éclairci, le vent avait tourné au nord, était devenu froid, et la gelée s'était produite; dans les places inclinées et dégarnies de végétation, on voyait de très-nombreuses colonnes de glace formées de fibres de glace, en partie agglomérées et gelées toutes ensemble, en partie isolées et situées seulement les unes auprès des autres, et variant de taille depuis la grosseur d'une aiguille à coudre jusqu'à celle d'une plume de corbeau. Au moment de la formation de cette glace, la surface du sol avait commencé à geler et formait une croûte qui avait été soulevée par les colonnes de glace qui, par leur partie inférieure, reposaient sur le sol non gelé. M. de Mohl fut frappé de l'analogie d'aspect de ces petites colonnes se dressant régulièrement du sol avec les disques de glace reposant sur les cicatrices de feuille des *Poulownia*, etc., comme Le Conte avait été frappé de l'analogie de productions semblables avec les lames fibreuses de glace qui rayonnaient du pourtour des tiges de *Pluchea*.

Ces productions de glace à la surface du sol ne se montrent que dans des conditions rares et exceptionnelles que l'on n'est pas maître de reproduire pour étudier le phénomène; mais M. Sachs a montré (*Krystallbildungen bei dem Gefrieren*, etc., in *Berichte ueber die Verhandl. der K. Sæchs. Gesellsch.*

der Wissensch. zu Leipzig (Mathematisch-Physische Classe), XII, febr. 1860) que l'on peut faire, à volonté, apparaître de semblables cristaux de glace en exposant à la gelée du tissu cellulaire succulent, comme est un morceau de racine de betterave ou de fruit de courge, en ayant la précaution de le tenir dans un espace resserré pour empêcher une trop grande évaporation. On voit, dans ces conditions, le tissu charnu se couvrir d'un revêtement de fibres de glace perpendiculaires à la surface et juxtaposées de façon à former une croûte compacte qui, grâce à cette structure, présente un aspect velouté. J'ai maintes fois répété cette expérience et j'ai pu m'assurer de l'exactitude des observations de M. Sachs. Examinées au microscope, les fibres de glace rappellent très-bien l'aspect de petites colonnes de basalte ; chacune contient dans son intérieur et d'ordinaire à peu près dans son axe, une file de petites bulles d'air très-régulièrement espacées et qui ressemblent à un très-délicat collier de perles.

M. Sachs a observé de semblables productions de glace non-seulement sur des courges et des betteraves, mais sur des carottes, des raves, des pétioles de betterave et de chou-vert. La formation de ces aiguilles de glace cesse quand les parties des plantes d'où elles naissent sont exposées à un froid tel qu'elles se congèlent entièrement en masse solide. C'est quand la gelée commence à agir sur le tissu gorgé de suc que les glaçons se forment, c'est-à-dire, en réalité, dans des conditions semblables à celles dans lesquelles les observateurs ont vu se produire des colonnes et des lames de glace, soit sur le sol, soit sur les tiges des plantes.

Voyons maintenant quelles explications on a proposé de donner de ces productions.

Herschell, sans découvrir la cause du phénomène, a bien reconnu, du moins, que la glace qu'il a observée sur les tiges n'était pas due à un dépôt extérieur analogue à la gelée blanche. Remarquant que quand les lames de glace se montrent sur les plantes, la terre n'est pas gelée et qu'elle est relativement chaude et humide, il attribua à la plante un rôle analogue à celui d'une « sorte de cheminée par où se dégagerait la vapeur du sol » (*loc. cit.*, p. 167).

Selon Dunal, les lames de glace qu'il a observées sur les tiges de *Plectranthus* et de *Salvia* sont dues à la cristallisation d'exsudations qui se produisent successivement après que le froid, en occasionnant la contraction des tissus ligneux et corticaux, a opéré la séparation de l'écorce et sa division en lanières ; mais il n'a proposé aucune explication touchant la cause de ces exsudations et le procédé suivant lequel elles sont produites.

Le Conte admit sans hésiter l'identité des lames de glace des *Pluchea* et des colonnes de glace qu'il observa sur le sol. Selon lui, c'est dans l'un et l'autre cas un phénomène purement physique, et voici ce qui se passe : quand la terre relativement chaude et conduisant mal la chaleur est exposée au froid, la couche superficielle seule se refroidit assez pour se congeler. La glace se forme dans l'extrémité des canaux capillaires du sol, et, par sa dilatation, les élargit un peu

et leur fait prendre la forme de cônes creux. Quand toute l'eau contenue dans ces dilatations coniques des capillaires du sol se solidifie rapidement, elle exerce contre les parois une pression assez forte pour pousser en avant une colonne fibriforme de glace dans le sens de la moindre pression, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface. La glace, expulsée par suite de sa dilatation de l'extrémité des canaux capillaires, ceux-ci se trouvent vides et se remplissent d'eau relativement chaude, qui monte de bas en haut en vertu de la capillarité. Cette eau gèle à son tour et forme un nouveau glaçon qui est expulsé aussi à son tour et continue à élever la colonne de glace.

La supposition de la formation de glace dans des canaux capillaires à une température peu inférieure à 0°, sur laquelle repose toute l'explication de Le Conte, me paraît peu d'accord avec le fait constaté par les physiciens, que l'attraction moléculaire des parois des canaux capillaires met obstacle à la congélation, et que, dans des espaces très-étroits, l'eau peut sans se prendre en glace atteindre une température très-basse. En outre, les colonnes de glace semblent beaucoup trop grosses pour correspondre aux canaux capillaires du sol, et surtout aux petits espaces intercellulaires des végétaux où elles seraient censées se former.

M. Caspary n'a pas admis d'analogie entre ce qui se passe dans le sol et ce qui se produit dans les plantes, chez lesquelles le phénomène n'est pas à son avis purement physique. Il admet que pendant la gelée, l'ascension de la sève est excessivement abondante dans les plantes qui produisent des lames ou des enveloppes de glace ; que le liquide qui se solidifie sous cette forme n'était pas dans la plante au commencement de la congélation, qu'il monte par les vaisseaux dont il traverse les parois, et qu'alors il se congèle et se prend, tantôt en une lame de glace vis-à-vis de chaque groupe de vaisseaux, quand il se solidifie au voisinage même des vaisseaux, tantôt en un revêtement de glace, s'il se répand avant de se solidifier dans tout le tissu situé au-dessus du corps ligneux.

Toute l'explication proposée par M. Caspary repose donc sur la supposition de l'ascension surabondante de la sève pendant la gelée, supposition qui non-seulement n'est pas prouvée, mais qui me paraît au contraire en désaccord avec ce que l'on sait de l'effet de l'abaissement de la température sur l'absorption et la circulation des liquides à l'intérieur des plantes.

L'explication que donne M. de Mohl de la formation des glaçons, soit sur le sol, soit à la base des feuilles, n'est pas très-éloignée de celle de Le Conte : l'eau se prend en glace à l'orifice des petits espaces capillaires qui traversent le sol, et dès lors il se produit un suintement (très-faible, mais continu) de liquide qui sert à former incessamment de nouvelles assises de glace à la base des aiguilles ; de même pour les disques de glace des cicatrices de feuilles, ils sont dus aussi à la formation successive de minces couches de glace à la limite de tissus imbibés de sucs aqueux et non gelés eux-mêmes. Quant à la lente exsudation du

suc à travers les cellules, M. de Mohl pense qu'on peut bien l'attribuer à la contraction produite par le froid sur les tissus de la tige.

M. Sachs a repris cette explication de M. de Mohl et l'a modifiée en lui donnant plus de développements et de précision.

Quand une tranche de betterave gèle lentement et à l'abri d'une évaporation trop considérable, des aiguilles de glace se forment à mesure que le liquide sort des tissus pour aller se congeler à la surface. Doit-on admettre, avec M. H. de Mohl, que cette exsudation est produite par une contraction du tissu? M. Sachs ne le pense pas. Il a mesuré des morceaux de betterave et d'autres tissus gelés et non gelés sans observer de changement notable de volume (1).

Il est un fait très-important qu'a signalé M. Sachs, c'est qu'un corps imbibé d'eau, n'en contient pas seulement dans ses pores, mais qu'il est aussi recouvert d'une couche liquide. Il en a montré comme preuve la façon dont se comporte un corps imbibé d'eau par rapport à une couche de résine ou de vernis. Que l'on couvre une membrane perméable, comme l'est un morceau de vessie, d'une couche de vernis de bitume, cette couche adhère très-fortement à la surface de la membrane sèche; mais qu'on mette cette membrane au contact de l'eau, même seulement par une de ses extrémités, elle s'en imbibe dans toutes ses parties et la couche de vernis cesse d'être adhérente, elle se détache par plaques: c'est qu'entre la membrane et la couche de vernis s'est étendue une mince couche liquide qui a détruit l'adhérence.

Ainsi, il est établi que toutes les surfaces libres des parois des cellules sont constamment recouvertes d'une couche adhérente et très-mince d'eau. Sous l'action du froid, c'est cette faible couche superficielle d'eau qui, selon M. Sachs, gèle, se solidifie et se comporte alors comme la couche sèche de vernis, c'est-à-dire qu'au-dessous d'elle il se produit aussitôt une nouvelle couche d'eau. Celle-ci gèle à son tour et ainsi de suite tant que la membrane est imbibée et n'est pas gelée elle-même.

Je crois que cette explication est voisine de la vérité, néanmoins je ne pense pas qu'il soit possible de l'admettre entièrement et telle qu'elle est présentée.

On sait, et j'ai déjà eu occasion de rappeler plusieurs fois ce fait qui me semble d'une importance considérable, que toutes les conditions qui retiennent les molécules dans leur position et gênent leur mobilité retardent également leur changement d'état, leur solidification par le froid, leur congélation (V.-A. Mousson, *Einige Thatsachen betreffend das Schmelzen und Gefrieren des Wassers*, in *Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie*, CV, n° 10, 1858).

(1) On ne peut pas non plus attribuer l'exsudation du liquide à une dilatation de l'eau contenue dans les cellules entre $+4^{\circ}$ et 0° . Car cette dilatation est beaucoup trop faible pour être la cause qui permet d'expliquer la formation d'une épaisse couche de glace. En outre, la glace se forme même sur des tissus qui ont déjà perdu de l'eau par évaporation et où par conséquent les cellules ne doivent pas être turgescents.

L'attraction exercée sur les molécules d'eau par les molécules solides des parois des espaces capillaires qu'elle mouille met obstacle aux mouvements moléculaires qui doivent se produire pour que le liquide se prenne en glace. Aussi, l'eau supporte-t-elle sans se congeler un froid d'autant plus vif qu'elle est contenue dans des espaces plus étroits. Même en communication avec de la glace, l'eau contenue dans des tubes capillaires de 0^{mm},20 demeurait liquide à une température de — 7° C. dans les expériences de M. Mousson. Il est difficile d'après cela d'admettre, avec M. Sachs, que la très-mince couche d'eau que l'attraction moléculaire retient adhérente à la surface des cellules puisse prendre en glace à une température peu inférieure à 0°. Comment donc imaginer que les choses ont pu se passer dans les cas nombreux que nous avons rapportés où des glaçons se sont formés dans les plantes? Comment est-il possible de se figurer l'action que doit exercer le froid sur une cellule?

Nous devons d'abord admettre, en nous fondant sur les expériences de M. Mousson, que l'eau d'imbibition ne saurait geler, du moins à des températures modérément basses, dans les pores invisibles des membranes cellulaires. Mais quelle sera l'action du froid sur les substances contenues dans l'intérieur des cellules, c'est-à-dire non-seulement sur des solutions salines, mais sur des matières telles que le protoplasma, la masse vivante de la cellule, qui, sans se dissoudre, s'imbibent d'une quantité considérable d'eau? Pour ce qui est des solutions salines, on sait qu'en se congelant elles se séparent en eau à peu près pure, qui se prend en glace et en une solution saline plus concentrée, dont le point de congélation est plus bas. (Voy. Ruedorff, *Ueber das Gefrieren des Wassers aus Salzläsungen*, in *Poggendorff's Annal. der Physik und Chemie*, CXIV (série IV, 24), p. 63.)

Dans les substances organiques qui ne se dissolvent pas, mais dans lesquelles l'eau s'imbibe souvent en quantité considérable, il se passe encore quelque chose d'analogue; même quand l'eau que ces substances contiennent est si bien fixée qu'elle semble avoir complètement disparu dans leur profondeur et fait corps avec elles, on la voit sous l'action du froid abandonner la matière dans laquelle elle s'était imbibée, pour venir cristalliser à part et se montrer aux yeux sous forme de glaçons.

J'en ai fait l'expérience d'une façon qui m'a paru très-frappante et très-instructive.

J'ai mis un œuf dur dépouillé de sa coquille dans une soucoupe, sous un couvercle de verre, au milieu d'un mélange réfrigérant formé de neige et de sel, c'est-à-dire dans des conditions dans lesquelles j'avais plusieurs fois répété les expériences de M. Sachs, sur la formation de cristaux de glace à la surface de morceaux de betterave. Bientôt, j'ai vu l'œuf dur se couvrir lui aussi d'une couche de glace. En en faisant une coupe, on voyait que la glace ne s'était pas formée seulement à l'extérieur du blanc, mais encore entre le blanc et le jaune et dans le blanc lui-même. Il y avait deux couches complètes de

glace d'environ un millimètre d'épaisseur ou un peu plus, l'une sur la surface extérieure du blanc de l'œuf, l'autre à l'intérieur à la limite du blanc et du jaune : en outre, le blanc d'œuf était séparé en feuillets et les couches de blanc alternaient avec des assises de glaçons formées de plaques de glace d'environ un millimètre d'épaisseur au milieu, plus minces vers les bords et de grandeur assez variable.

La structure de ces glaçons et des croûtes de glace était absolument la même que celle qui a été maintes fois observée sur les végétaux : ils étaient formés de petites colonnes de glace, perpendiculaires à la surface et aux feuillets du blanc d'œuf, et contenaient dans leur intérieur des files de petites bulles d'air, exactement comme la couche de glace qui, dans des conditions identiques, se forme sur les morceaux de racine de betterave. Quant au blanc d'œuf lui-même, il reste souple, il n'est devenu ni dur ni cassant, il n'est pas gelé.

Il ressort de cette expérience, que quand la température s'est abaissée, l'eau, primitivement adhérente aux molécules du blanc d'œuf coagulé, a échappé aux forces qui la tenaient fixée et qu'elle s'est écoulée vers les points où elle a été se prendre en glaçons.

Il me semble que ce qui se passe dans les feuilles d'Iris et dans les cas nombreux déjà que j'ai rapportés plus haut, où des glaçons se forment dans les plantes, peut être regardé comme tout à fait analogue : sous l'influence de l'abaissement de la température, les cellules abandonnent une partie de leur eau, qui s'écoule sous forme de liquide et va se prendre en glace hors de la portée de l'attraction capillaire.

Mais comment expliquer cet abandon d'une partie de l'eau d'imbibition des substances organiques, cette sorte d'exsudation comparable à celle que constataient MM. Dunal, H. de Mohl et Sachs, dans les plantes, par suite de l'abaissement de la température ?

On peut se figurer que l'eau d'imbibition d'un corps tel que le blanc d'œuf dur, par exemple, forme, autour de chaque molécule d'albumine coagulée, une sorte d'enveloppe liquide, qui est retenue auprès de la molécule solide par une force d'attraction d'autant plus grande qu'elle agit à une plus faible distance. Cette enveloppe liquide a une certaine épaisseur qui dépend de causes diverses, telles que l'affinité du liquide pour le solide, la cohésion du solide et celle du liquide même. Mais ce n'est pas tout : la quantité de liquide que le corps solide peut fixer autour de ses molécules quand il s'en imbibe, varie aussi, non-seulement selon sa nature et celle du liquide qui la pénètre, mais encore selon la température. (Voy. Ludwig, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, vol. I, p. 51 et suiv.) Que la température s'abaisse rapidement et qu'avec elle le pouvoir d'imbibition du blanc d'œuf ou, en d'autres termes, la force qui tient la couche d'eau fixée autour de chaque molécule de blanc d'œuf diminue, les molécules de l'enveloppe d'eau les plus éloignées du contact des molécules solides cesseront d'être retenues, elles seront mises en liberté et pourront s'écou-

ler en dehors des intervalles qui séparent les molécules dans des espaces plus grands, soit entre les couches du blanc d'œuf qui ont été déposées successivement, soit à l'extérieur où elles gèlent librement au delà de la portée de l'attraction capillaire. Ainsi s'expliquerait l'apparition dans les plantes, vers le moment de la congélation, de cette grande quantité de liquide disponible qui vient se prendre en glace dans les places où la congélation peut se produire librement : une fois solidifiée, chaque parcelle de glace exerce une nouvelle action capillaire; elle attire de proche en proche le liquide qui se trouvait au milieu des espaces intermoléculaires à l'état coulant et libre d'adhérence intime avec les parois, et qui vient successivement se congeler et grossir la masse de glace déjà formée.

Quoi qu'il en soit de cette explication, ce que l'expérience démontre, c'est que, sous l'influence du froid, l'eau précédemment contenue dans les cellules va se prendre en glace dans certains points hors des cellules, en se séparant du reste du contenu de celles-ci, qui se concentre de plus en plus sans se congeler. A mesure que le contenu de la cellule diminue ainsi de volume en perdant de l'eau qui va se solidifier en glaçons dans certains méats intercellulaires, la membrane cellulaire doit aussi se contracter, et ainsi s'explique la diminution de taille observée sur des organes gelés malgré l'augmentation de volume que doit prendre le liquide en se congelant. Ce phénomène a été très-clairement constaté par Du Petit-Thouars (*loc. cit.* p. 18) sur des Daphnés, dont la tige se contractait en se gelant, au point que l'écorce se ridait, puis se gonflait de nouveau quand le soleil paraissait et que la glace contenue dans la tige fondait. M. Hoffmann est arrivé aussi à constater une diminution de volume des tissus gelés (Herm. Hoffmann, *Witterung und Wachsthum oder Grundzuege der Pflanzenklimatologie*, 1857, p. 327-329), ainsi que M. Sachs qui, dans le supplément de son mémoire sur la gelée, a fait de la contraction des parties succulentes des plantes par la congélation une étude spéciale.

M. de Schoenefeld donne lecture d'une lettre de M. Hervier-Basson, accompagnant l'envoi d'échantillons du *Crocus cristensis* récoltés à Crest par le R. P. Eugène (1).

M. le Président donne lecture de la lettre suivante qui lui a été adressée par M. Loret :

LETTRE DE **M. Henri LORET** SUR LA CONFUSION FAITE ENTRE LE *NARCISSUS BIFLORUS* ET LE *N. POETICO-TAZETTA*.

Montpellier, 18 avril 1869.

Après avoir décrit (*Fl. de Fr.* t. III, p. 256) le *Narcissus biflorus* Curt.,

(1) Voyez le Bulletin, t. XV (*Séances*), p. 191.